

ನನ್ನ ಬದುಕಿನ ಒಂದು ವಾರ

ಅಫ್ತಾಬ್ ದಿವಾನ್

ಒಬ್ಬ ಸಂಶೋಧಕನೆಂದು ನಾನು ಪರಿಚಯಿಸಿಕೊಂಡಾಗಲೆಲ್ಲಾ ಜನ "ನೀವು ಸಂಶೋಧಕನಾಗಿ ಮಾಡುವ ಕೆಲಸವೇನು?" ಎಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಶ್ನಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸಂಶೋಧನೆ ಎಲ್ಲಾ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳತ್ತ ತೆರೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಪ್ರಯತ್ನದಂತಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರಿಸುವುದು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕಳೆದ ಒಂದು ವಾರದಲ್ಲಿ ನಾನು ಕೆಲವು ಗಣಿತದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದೇನೆ. ನಾನು ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಲೇಸರ್ ಮಾರ್ಗವೊಂದನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ್ದೇನೆ ಹಾಗೂ ಕೆಲವು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುತ್ತಿದ್ದ ತೊಂದರೆಗಳನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಜೊತೆಗೆ, ನನ್ನ ಅಧ್ಯಯನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಾಗಿರುವ ಹೊಸಹೊಸ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅರಿಯಲು ಇತರ ಸಂಶೋಧಕರು ಬರೆದಿರುವ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಓದಿದ್ದೇನೆ. ಆದರೂ ಇವು ಯಾವುವೂ ನಾನು 'ಏನು ಮಾಡುತ್ತೇನೆ?' ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನಿಖರ ಉತ್ತರವನ್ನು ನೀಡುವುದಿಲ್ಲ.

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದರ ಬಗ್ಗೆ ಅಂದರೆ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನೋಡೋಣ: ಅಂದರೆ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳು. ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಕಾಂತ ಪಂಜರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸುವುದು ನನ್ನ ಕೆಲಸದ ಒಂದು ಭಾಗ. ಕಾಂತ ಪಂಜರವೆಂದರೆ (trap) ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದಿಡುವ ಪಿಂಗಾಣಿ ಪಾತ್ರೆಯಂತಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ನೀವು ಅಂದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದರೆ ಪಿಂಗಾಣಿ ಪಾತ್ರೆಗೆ ಬದಲು ಇದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪಂಜರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ನಿಶ್ಚಿತ ಅಂತರದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ವೃತ್ತಾಕಾರದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸುರುಳಿಗಳಿಂದ (ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಗಳು) ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಈ ಪಾತ್ರೆಯ ಯಾವುದೇ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾದ ಕೆಲಸವೇ ಸರಿ. ಆದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಅತಿ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿರುವ ಭಾಗವಾಗಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಕೇಂದ್ರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವುದು ಸುಲಭ. ನಾನು ಬಹಳಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಈ ಲೆಕ್ಕವನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಾತಿನಿಧಿಕ ಕಾಂತ ಪಂಜರ ಹೇಗೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಮಾಡಿದೆ.

ನಾವು ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸಲಕರಣೆಗಳೆಂದರೆ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳು. ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗದ ಅಗತ್ಯಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಲು, ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಕುಶಲತೆಯಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ. ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಕ್ಕಾಗಿ ಪಡೆದುಕೊಂಡಿರುವ ನೂತನ ಲೇಸರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅದು ನಾವು ಬಯಸುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವಂತೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಸರಿ ಹೊಂದಿಸಬೇಕಾದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ. ಲೇಸರ್ ಕಿರಣದ ಕೋಲು(beam) ಹಾಗೂ ಪರಮಾಣು ಮೋಡಗಳೆರಡರ ಗಾತ್ರವೂ

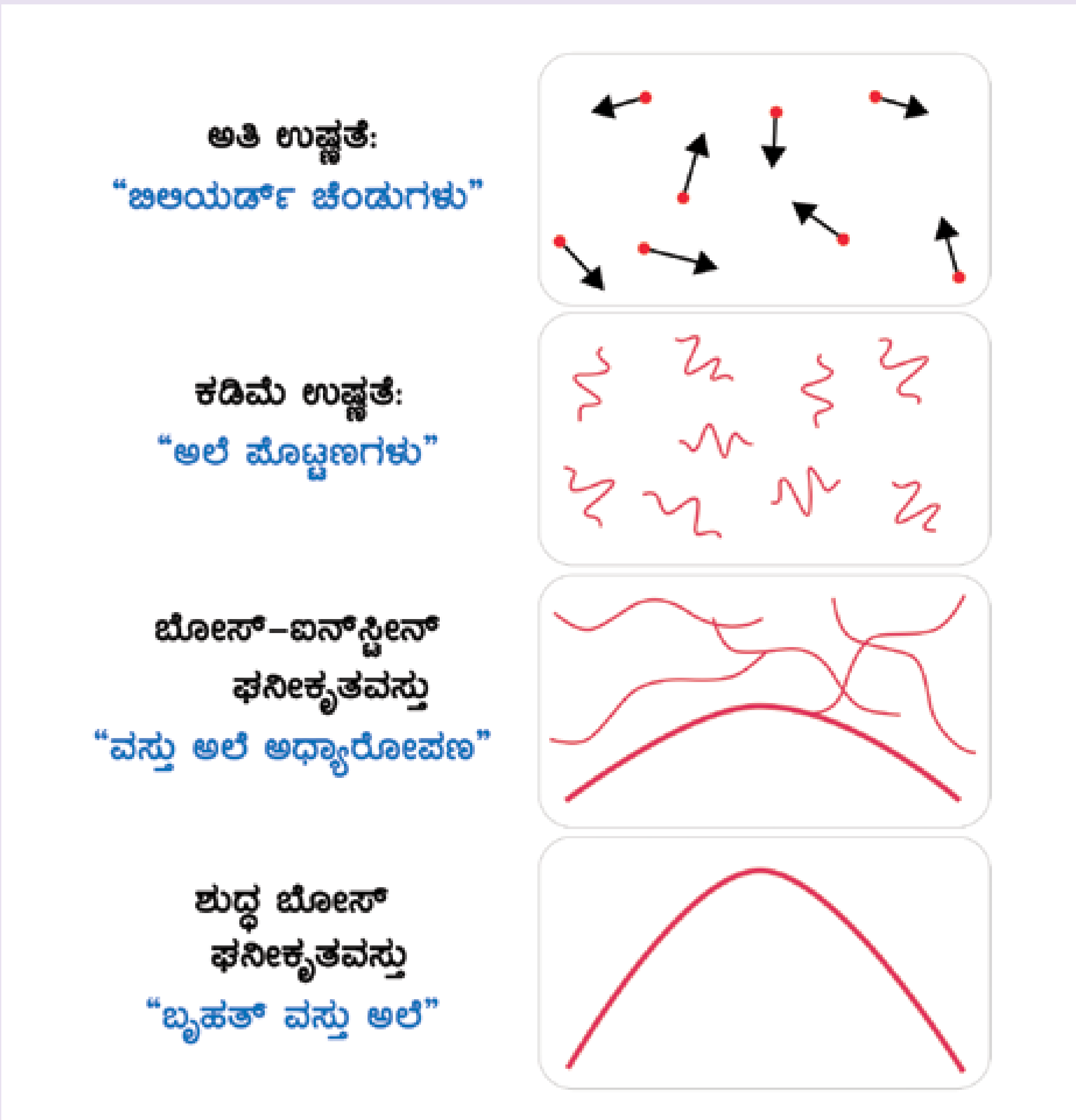
> **ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವೆಂದರೇನು?**
>
> ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವೆಂದರೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಿದ ಹಾಗೂ ಸಮಾಂತರೀಕರಿಸಿದ ಬೆಳಕಿನ ದಂಡ. ಅದು ತನ್ನ ರೂಪವನ್ನು ಬದಲಿಸದೆ ಬಹಳ ದೂರ ಚಲಿಸಬಲ್ಲದು.

ಮಿಲಿಮೀಟರ್‌ನ ಹತ್ತನೇ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದರಿಂದ ನಿಖರವಾಗಿ ಸರಿ ಹೊಂದಿಸುವುದು ಅತಿ ನಾಜೂಕಿನ ಕೆಲಸ. ನನ್ನ ಈ ವಾರದ ಕೆಲಸ ಎರಡು ಕನ್ನಡಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಈ ಹೊಸ ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ಸರಿಹೊಂದಿಸುವುದೇ ಆಗಿತ್ತು. ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಯನ್ನು ಲೇಸರ್ ದಂಡ ನಿಖರವಾದ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಗುರಿ ಮುಟ್ಟುವಂತೆ ಹೊಂದಿಸಲು ಹಾಗೂ ಮತ್ತೊಂದು ಕನ್ನಡಿಯನ್ನು ಲೇಸರ್ ದಂಡದ ಗುರಿ ಮುಟ್ಟುವ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ನೆರವಾಗುವಂತೆ ಹೊಂದಿಸುವ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಬಳಸಲಾಯಿತು.

ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದು ಒಬ್ಬ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕೋಲಿನಂತೆ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಲೇಸರ್‌ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಆವರ್ತನಗಳನ್ನು 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್' ಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಒಂದು 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್' ಸಾಕೆನಿಸಿದರೂ,

ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಘನೀಕೃತ (ಕಂಡನ್ಸೇಟ್) ವಸ್ತುವೆಂದರೇನು?

ನಮಗೆಲ್ಲರಿಗೂ ವಸ್ತುಗಳು ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಕಲಿಸಿದ್ದಾರೆ; ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ. ಸಾಧಾರಣ ಬದುಕಿನ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಕೇವಲ ಈ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಅರಿವು ಸಾಕು. ಆದರೆ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುಗಳು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಹುದು (ಹೊಂದಿವೆ ಕೂಡ. ಇವುಗಳನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಪ್ರಾವಸ್ಥೆಗಳು–phases–ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ) ಬೋಸ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಘನೀಕೃತವಸ್ತು ಇಂತಹುದೇ ಒಂದು ಪ್ರಾವಸ್ಥೆ. ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಗೆಯ ಕಣಗಳು (ಅಂದರೆ, ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು) ಬಹಳಷ್ಟು ತಣಿದು ಒಂದೇ ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಸ್ಥಿತಿ ತಲುಪಿದಾಗ ಇಂತಹ ಪ್ರಾವಸ್ಥೆಗೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ನೆನಪಡಬೇಕಾದ ಸಂಗತಿ ಎಂದರೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ವಾತಾವರಣವಿದ್ದಲ್ಲಿ, ಈ ಪ್ರಾವಸ್ಥೆ ಘನೀಕೃತವಸ್ತುವಾಗುವ ಕಣಗಳಗೆ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಅನುಕೂಲಕರವಾದ ರಚನಾ ವಿನ್ಯಾಸ.



ಚಿತ್ರ 1. ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಘನೀಕೃತವಸ್ತುವಿನ (BEC) **ಪಾಕವಿಧಾನ.**

ಸ್ಥೂಲಗೋಚರ (ಮಾಕ್ರೋಸ್ಕೋಪಿಕ್) ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಸ್ಥಿತಿಯ ಒಳ್ಳೆಯ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿರುವುದೇ ಒಂದು ಪ್ರಾವಸ್ಥೆಯಂತೆ BEC ಯನ್ನು ಬಹಳ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾಗಿಸಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ BEC ಯ ಕುಶಲ ನಿರ್ವಹಣೆಯೆಂದರೆ ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ ನಾವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥೂಲಗೋಚರ ಸ್ಥಿತಿಯ ಕುಶಲ ನಿರ್ವಹಣೆ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದೇವೆ; ಅಂದರೆ, ನಾವು ಪರಿಶೋಧಿಸಲು ಆಸಕ್ತರಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಪ್ರಕೃತಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವಂತಿರುವುದೇ ಆಗಿದೆ.

Credits: Adapted from image used in Experimental studies of Bose-Einstein condensation, by Dallin S. Durfee and Wolfgang Ketterle, in Opt. Express 2, 299-313 (1998).

ಒಂದೆರಡು ಹೆಚ್ಚಿನ 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್' ಗಳನ್ನು ಕೈಗಾವಲಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿರುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದು. ನಾವು ಸುಮಾರು ಆರರಿಂದ ಹತ್ತು ಲೇಸರ್ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ನಮಗೆ ಎಷ್ಟೊಂದು 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್' ಗಳ ಅಗತ್ಯವಿರುವುದೆಂದು ನೀವೇ ಅಂದಾಜಿಸಬಹುದು. ಹಾಗಾಗಿ, ನಾವು ಇತ್ತೀಚಿಗೆ ಖರೀದಿಸಿದ ಎರಡು ಹೊಸ 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್'ಗಳು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸದಿದ್ದಾಗ, ನಾನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲವನ್ನು ವ್ಯಯ ಮಾಡಿ, ಅದರಲ್ಲಿದ್ದ ತೊಂದರೆ ಏನೆಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅವುಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಿದೆ.

ಪ್ರಾಯಶಃ, ಲೇಸರ್ 'ಬಂಧಿಸುವುದು', ಅಥವಾ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ಬಂಧಿಸುವುದು ಅಂದರೆ ಏನೆಂದು ವಿವರಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯಕವೆನಿಸುತ್ತದೆ. ನಿಮ್ಮ ಬಳಿ ಒಂದು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವಿದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಅಥವಾ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ಇಚ್ಛಿಸುತ್ತೀರಿ ಎಂದು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಿ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಾನು ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಕೋಲನ್ನು 500mW ಹೊಮ್ಮುವಿಕೆ ಇರುವ ಸ್ಥಿರವಾದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ಬಯಸಬಹುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ನನ್ನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯು, ಉಷ್ಣತೆ ಹಾಗೂ ಆರ್ದ್ರತೆಗಳಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳು, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಂಪನಗಳು, ಗಾಳಿಯ ಹರಿವು ಇತ್ಯಾದಿಗಳೂ ಸೇರಿದಂತೆ ಹಲವಾರು ಕಾರಣಗಳಿಂದ ವ್ಯತ್ಯಯವಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಯಗಳು ನಾನು ಬಳಸುವ ಲೇಸರ್‌ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶೇಕಡ 10–20ರಷ್ಟು ಬದಲಿಸಬಹುದು. ಲೇಸರ್ ದಂಡವು ನನಗೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ಶಕ್ತಿ/ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುದೇ ಎಂದು ನಾನು ಹೇಗೆ ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಿ? ನಾನು ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ಲೇಸರ್ ದಂಡವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ 'ಲಾಕ್' ಮಾಡುತ್ತೇನೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ನಾನು ಆ ಲೇಸರ್ ತಲುಪಬೇಕಾದ ತಾಣದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಸಂಕೇತದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತೇನೆ. ಈ ಸಂಕೇತವನ್ನು A ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ನನಗೆ ಅಗತ್ಯವಿರುವ ಸಂಕೇತದ ಜೊತೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡೋಣ. ಇದನ್ನು ಸಂಕೇತ B ಎನ್ನೋಣ (ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅದು 500mW). 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್' ಮಾಡುವ ಕೆಲಸವೇನೆಂದರೆ ಅದು ಲೇಸರ್ ನಿಯಂತ್ರಕಕ್ಕೆ ನೈಜ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್‌ನ ಶಕ್ತಿ ಬದಲಿಸುವ ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ (ಇದನ್ನು ಲಾಕ್ ಸಂಕೇತ ಅಥವಾ L ಎನ್ನೋಣ). ನಾವು 'ಲಾಕ್ ಬಾಕ್ಸ್'ಗೆ ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ ಅದು ಸಂಕೇತ A ಅನ್ನು ಸಂಕೇತ B ಗೆ ಆದಷ್ಟು ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಡಲು ಸಂಕೇತ L ಅನ್ನು ಬದಲಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ ಹಾಗೂ ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಬಹಳ ಶೀಘ್ರ ಗತಿಯಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಕೆಲವೇ ಮೈಕ್ರೋಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ, ಸಾಧಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯೇ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್‌ನ ಶಕ್ತಿ/ಆವರ್ತನವು ಬದಲಾಗದಂತೆ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಬಂಧಿಸಲು ಇದನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ ಬಗೆಯ ಕೆಲಸಗಳ ಹಿಂದೆ ನಾನು ಭಾಗಿಯಾಗಿರುವ ಸಂಶೋಧನಾ ಯೋಜನೆಯತ್ತ ಮುನ್ನಡೆಸುವ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಗುರಿ ಇದೆ. ಆ ಯೋಜನೆಯ ಗುರಿಯೆಂದರೆ ನಾನು ಇದೀಗ ತಾನೆ ವಿವರಿಸಿರುವ ಎಲ್ಲ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣತೆಗೆ, ಅಂದರೆ, ಸುಮಾರು –273°C ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ 0 K ಉಷ್ಣತೆಗೆ ತಣಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಈ ಉಷ್ಣತೆಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಶೋಧಿಸಿ ನೋಡುವುದು. ಹಾಗೆಂದು, 0 K ಉಷ್ಣತೆಗೆ ತಣಿಸುವುದು ಸಣ್ಣ ಸಾಹಸವಲ್ಲ. ಇದು ಹಲವಾರು ಹಂತಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದು, ಎಲ್ಲ ಹಂತಗಳೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದೂ ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಬಳಸುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ರುಬಿಡಿಯಮ್‌ನ ಸಮಸ್ಥಾನಿ, (isotopes) ರುಬಿಡಿಯಮ್ 87 ರದ್ದು ಒಂದು ತುಂಡು ರುಬಿಡಿಯಮ್ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯನ್ನು ಗೂಡೊಲೆಯಲ್ಲಿ (ಅವೆನ್) ಕುದಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅನಿಲ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಪಡೆದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಹಳ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದು, ಕಾಂತ ಪಂಜರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸಲು ಅವನ್ನು ತಣಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯ. ಹೀಗೆ ತಣಿಸಲು ಅವು ಆದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಗತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ನಾವು ಇದನ್ನು ಹಲವಾರು ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಹಂತವೆಂದರೆ, ಇವುಗಳ ಚಲನೆಯ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಲೇಸರ್ ಬಳಸುವುದು. ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಲೇಸರ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವುದರಿಂದ ಪರಮಾಣುಗಳ ವೇಗ ಕುಗ್ಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಕಾಂತ ಪಂಜರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ನೀರಿನ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಎದುರಾಗಿ ಓಡುವ ಓಟದಂತೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲ ನಿಮ್ಮ ವೇಗವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಬಾರಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಾಂತ ಪಂಜರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿತವಾದ ನಂತರ ನಾವು ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಲೇಸರ್ ಕಿರಣವನ್ನು ಬಳಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು 400mK ವೇಗಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಹಂತದ ಮೂಲತತ್ತ್ವವು ಮೊದಲ ಹಂತದಂತೆಯೇ ಎನ್ನಬಹುದು. ಒಂದೇ ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದರೆ, ಇದು ಪರಮಾಣುಗಳ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಹಂತ ಪೂರ್ಣವಾದ ನಂತರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಂದು ದ್ಯುತಿ (optical) ಪಂಜರಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿ ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದಿಡುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಅಂತಿಮ ಹಂತ ದ್ಯುತಿ ಪಂಜರದಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬಾಷ್ಪೀಕರಣಕ್ಕೆ (evaporation) ಒಳಪಡಿಸುವುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಬಾಷ್ಪೀಕರಣಗೊಂಡು ದ್ಯುತಿ ಪಂಜರದಿಂದ ಹೊರ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿ ಈ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನೂ ಸಜ್ಜುಗೊಳಿಸಿದಾಗ ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಘನೀಕೃತವಸ್ತುವನ್ನು (ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ BEC ಎನ್ನಬಹುದು) ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. BECಯು ವಸ್ತುವಿನ ನವೀನ ಸ್ಥಿತಿಯಾಗಿದ್ದು, ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದೇ ವಸ್ತುವಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 1,00,000 ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಯಾವುದೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ರೀತಿ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಲು ಕಾರಣ ಎಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ಜಾಗವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇವೆಲ್ಲವೂ ರುಬಿಡಿಯಮ್ ಸಮಸ್ಥಾನಿ ಪರಮಾಣುಗಳೇ ಆಗಿದ್ದು, ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ

ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ.

ಪ್ರಸ್ತುತ, ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಈ ಬಗೆಯ BEC ರಾಶಿಗಳು ವಿವಿಧ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ರೀತಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಪರಿಶೋಧಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸರಳವಾದ ನಿದರ್ಶನವನ್ನು ಹೀಗೆ ನೀಡಬಹುದು. ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕಲ್ಲಂಗಡಿ ಹಣ್ಣು ಇರುವುದೆಂದೂ, ಅದನ್ನು ಲಂಬವಾಗಿ ದೋಸೆಯಾಕಾರದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ತುಂಡುಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವೆವೆಂದು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ತಿರುಚಿ, ಮತ್ತೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತೇವೆ ಎನ್ನೋಣ. ಮತ್ತೆ ಅದು ಒಂದು ಇಡೀ ಕಲ್ಲಂಗಡಿ ಹಣ್ಣಾಗುವುದೇ? ಅಥವಾ ಮತ್ತೇನಾದರೂ ಆಗುವುದೇ?

ಆದರೆ ಇದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ನಂತರ ನಾವು ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿಭಿನ್ನವಾದ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸಬಹುದು. ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಒಗ್ಗೂಡಿಸಿದಾಗ ಅವು ನೈಜ ಜಗತ್ತಿನ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಕೊಡುಗೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ ಹಾಗೂ ಮಾನವನ ಜ್ಞಾನದ ಉನ್ನತ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತವೆ. ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನೆಯೆಂದರೆ ಹೀಗೆಯೇ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ನಾವು ವಿವಿಧ ವೇಷಧಾರಿಗಳಾಗುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ 'ನೀವೇನು ಮಾಡುವಿರಿ?' ಎನ್ನುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸರಳವಾದ ಉತ್ತರವಿಲ್ಲ. ಬಹಳಷ್ಟು ಸಮಯ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ– ಹಲವಾರು ವಿವಿಧ ಕೆಲಸಗಳು!

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Laser play, Jeff Keyzer from San Francisco, CA, USA, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laser_play.jpg. License: CC-BY.

ಅಫ್ತಾಬ್ ದೇವನ್ ಪ್ರಸ್ತುತ ಮೇರಿಲ್ಯಾಂಡ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪಿಎಚ್.ಡಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ. ಅವರನ್ನು ಈ ಮಿಂಚಂಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಿಸಬಹುದು: aftaab.dewan@gmail.com.

ಅನುವಾದ: ಜಿ.ವಿ.ನಿರ್ಮಲ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಗಾಯತ್ರಿ ಮೂರ್ತಿ